

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«_____» _____ 2022 р.

**ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛКИ КАРДАНА 150-74.651.810**

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

Євгеній КРАВЦОВ

Керівник

Павло КУШНІРОВ

Нормоконтроль

Артем ЄВТУХОВ

РЕФЕРАТ

Записка: 48 с., 9 рис., 16 табл., 4 додатки, 15 літературних джерел.

Об'єкт розробки – вилка кардана трактора Т-150К.

Мета роботи – проектування технологічного процесу виготовлення вилки кардана 150-74.651.810.

Виконаний аналіз службового призначення карданної передачі трактора, вилки кардана та умов її експлуатації. Визначений тип виробництва – середньосерійний та форма його організації – групова. Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі за якісними показниками, вибраний спосіб одержання заготовки – лиття в кокіль та розроблені технічні вимоги до неї.

Проведений аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення вилки кардана, розраховані припуски на механічну обробку отвору $\varnothing 45H11$, вибрані і обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовки на токарній з ЧПК та горизонтально-фрезерній операціях.

Вибрані моделі металорізального обладнання, технологічна оснастка, різальний і вимірювальний інструменти, розраховані режими різання і норми часу на аналізовані операції.

Спроекований верстатний пристрій для одночасного фрезерування двох поверхонь вилки кардана на операції 040 «Горизонтально-фрезерна».

Розроблені заходи щодо охорони праці працюючих та їх безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОПЕРАЦІЯ, ЗАГОТОВКА, ПРИПУСК, РЕЖИМ РІЗАННЯ, НОРМА ЧАСУ, ПРИСТРІЙ

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі.....	9
3 Визначення типу виробництва та форми його організації.....	11
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	15
5 Вибір способу одержання заготовки та розроблення технічних вимог до неї.....	19
6 Аналіз існуючого технологічного процесу.....	22
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку.....	22
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.....	23
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів.....	28
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	30
6.5 Розрахунок режимів різання.....	30
6.6 Технічне нормування операцій.....	34
7 Проектування верстатного пристрою.....	37
7.1 Обґрунтування мети технологічної операції і задачі для проектування..	37
7.2 Розробка і обґрунтування схеми базування та закріплення заготовки...	38
7.3 Розрахунок точності елементів пристрою.....	43
7.4 Опис конструкції і роботи пристрою.....	44
Висновки.....	46
Список літератури.....	47
Додаток А Креслення деталі «Вилка кардана 150-74.651.810».....	49
Додаток Б Розрахунок припусків на ЕОМ.....	50
Додаток В Специфікація ТМ320190009-07-01.00.00 «Пристрій для фрезерування».....	51
Додаток Г Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	53

					ТМ320190009 – 00 ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проектування технологічного процесу виготовлення вилки кардана 150-74.651.810. Пояснювальна записка			Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Кравцов							3	48	
Провер.	Кушніров							СумДУ, ТМз-81к		
Реценз.										
Н. Контр.	Свтухов									
Утверд.	Іванов									

ВСТУП

У фермерському господарстві України працює велика кількість тракторів марки Т-150К. Трактор Т-150К є трактором загального призначення класу 3 тс. Як агрегат разом з причепом, навісним гідравлічним знаряддям та супроводжувальними машинами трактор може на високих швидкостях пахати середні та тяжкі ґрунти, проводити передпосівну обробку ґрунту, сіяти, культивувати, збирати врожай, виконувати транспортування та інші роботи. Але транспортний парк потребує постійного оновлення виробництва новим поколінням техніки. Інтенсивна експлуатація тракторів в польових умовах потребує їх ремонту і відновленню зношених вузлів та деталей, тракторних механізмів, знарядь праці, що на даний час є актуальною задачею. Поставлену задачу можна вирішити, якщо оновити нові ремонтні виробництва або побудувати нові дільниці на уже існуючих виробництвах по виготовленню зношених деталей, наприклад, таких як рама, вилка кардана, вилка ведена тощо.

В межах збільшеної виробничої програми виготовлення окремих деталей трактора виникає потреба у застосуванні рентабельних методів виготовлення заготовок, а на механічних дільницях – спеціального обладнання, технологічного оснащення, різального і вимірювального інструмента. Також особливої уваги потребує удосконалення уже існуючого (сталого) технологічного процесу виготовлення окремих деталей трактора.

Метою комплексної роботи бакалавра є удосконалення технологічного процесу виготовлення вилки кардана трактора Т-150К.

					ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Трактор Т-150К є складною машиною, яка використовується у сільській місцевості фермерських господарств нашої країни. Конструкція машини виконана у вигляді жорсткої рами із напівжорсткою підвіскою остова, з переднім розташуванням двигуна та заднім карданної передачі, над якою встановлена кабіна водія [1]. Рух від вала двигуна до ведучих мостів з шестірнями відбувається через карданну передачу.

На тракторі встановлена швидкісна коробка із восьми передачами, яка забезпечує максимальне зусилля тяги на першій передачі до 88,2 кН при швидкості руху 3,7 км/год. Перша передача є резервною і використовується для робіт із зменшеною технологічною швидкістю.

Двигун трактора має чотири циліндра, дизель з чотирма тактами та надуванням від турбокомпресора, з об'ємним плівковим утворюванням суміші в камері розташованій на дні поршня. Для зниження вібрації під час руху трактора двигун містить врівноважений механізм.

Вилка кардана входить до складу складальної одиниці карданної передачі трактора Т-150К [1]. Карданна передача передбачена для передачі крутного моменту від валів коробки передач к шестірням ведучих мостів. На тракторі встановлені два карданних вала. Кожний карданний вал складається із телескопічного шліцьового з'єднання і двох шарнірів (див. рис. 1.1).

Телескопічне з'єднання складається із вилки кардана 4, шліцьового хвостовика 2, які закриті від попадання на нього пилу та бруду чохлом 3. Кожен шарнір складається із хрестовини, чотирьох голчатих підшипників і двох карданних вилок. Карданна вилка 4 кріпиться до вилки заднього шарніра 5 двома болтами 6 і скручуються гайками 7. Шліцьовий хвостовик 2 зварений ізвилкою 1 переднього шарніру.

Основне службове призначення вилки кардана – це передача обертів від шліцьового хвостовика до вилки заднього шарніру і шестерень ведучих мостів.

										Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

ТМ320190009 – 00 ПЗ

Виконавчими поверхнями вилки кардана є внутрішня шліцьова поверхня D-6x34x40H8x10F8 та два отвори діаметром 26H10 мм (див. рисунок 1.2).

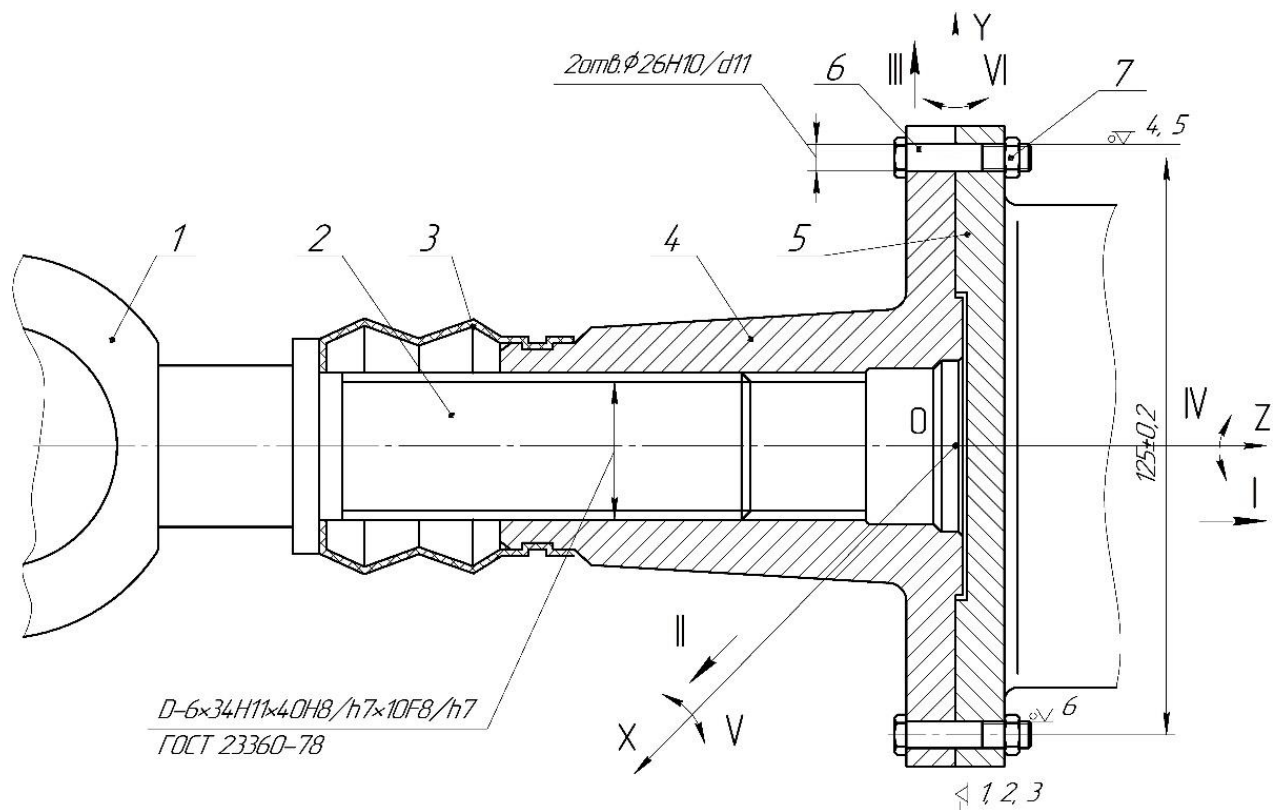


Рисунок 1.1 – Карданний вал трактора: 1 – вилка переднього шарніру;
2 – шліцьовий хвостовик; 3 – чохол; 4 – вилка кардана;
5 – вилка заднього шарніра; 6 – болт; 7 – гайка

Зазначені виконавчі поверхні виконують своє службове призначення безпосередньо, а саме, передають оберти від вилки переднього шарніра до вилки заднього шарніра. При складанні торець 17 карданної вилки (установча база) переднього шарніра спочатку з'єднується з площиною вилки заднього шарніра. Далі в один із отворів 18 (подвійна опорна база) вставляється спеціальний болт, який з'єднує отвори вилок переднього і заднього шарнірів. Потім у отвір 21 (опорна база) вставляється аналогічний болт і з'єднує його з отвором заднього шарніра. Таким чином, вилка кардана позбавляється всіх шести ступенів свободи. Поверхні 17, 18 і 21 визначають розташування вилки кардана у складальній одиниці трактора і є основними конструкторськими базами (ОКБ).

						Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Поверхні 8 і 9 визначають розташування чохла, який захищає шліцьовий хвостовик від попадання на нього пилу і бруду. Поверхня 12 визначає розташування хвостовика 2, який передає крутний момент. Частина торцевих поверхонь 17 і 3, отвори 18 і 21 контактують із шляпками та циліндричною частиною болтів, торцями гайок. Всі перелічені поверхні визначають розташування приєднаних до них деталей і є допоміжними конструкторськими базами (ДКБ).

Інші поверхні, які позначені цифрами наведеними на рисунку 1.2, є вільними поверхнями, вони визначають габаритні розміри деталі та її конфігурацію.

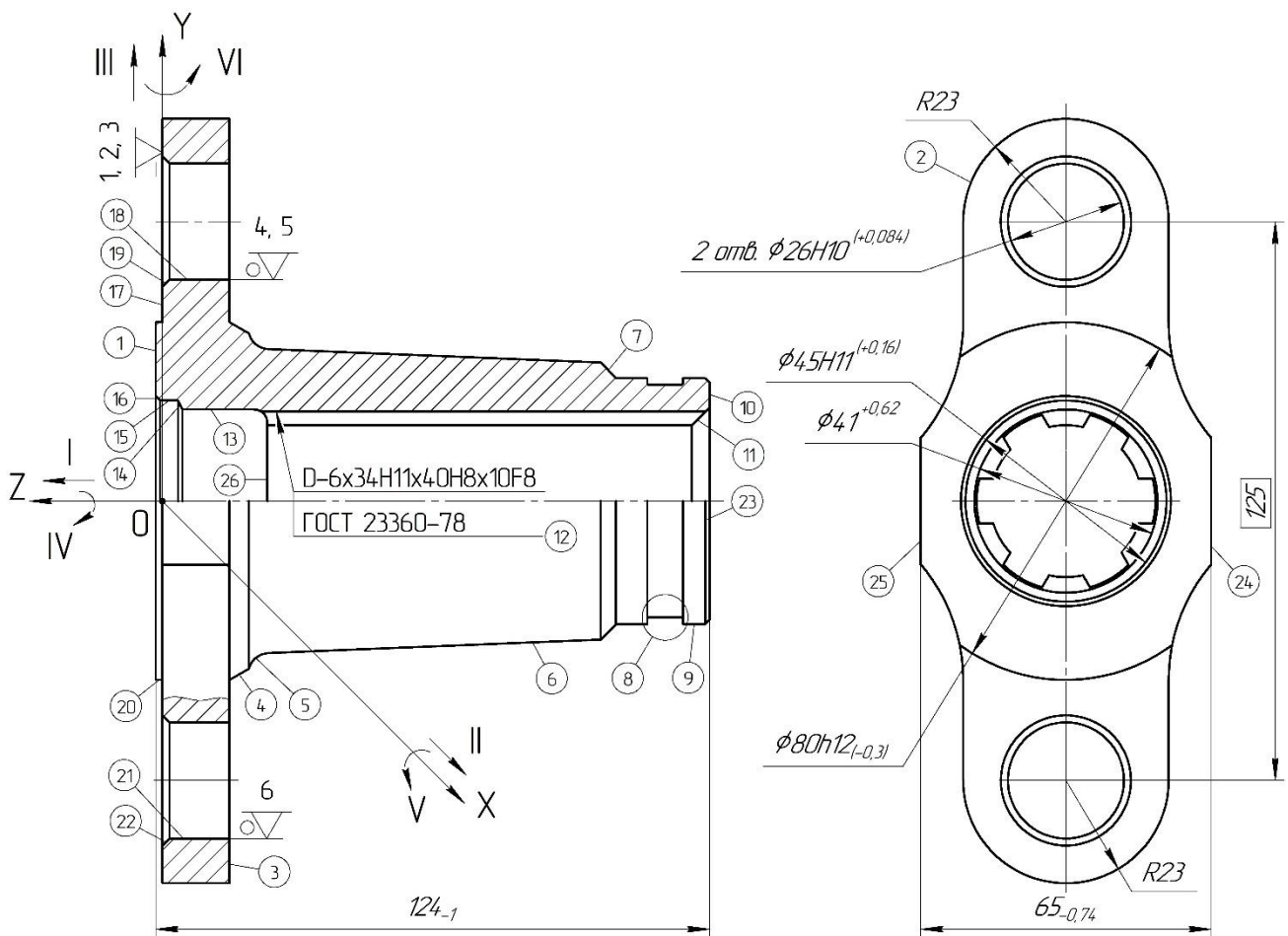


Рисунок 1.2 – Вилка кардана із нумерованими поверхнями

Схема зв'язків та відповідності поверхонь деталі наведені відповідно в таблицях 1.1 та 1.2.

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

Таблиця 1.1 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь свободи	Найменування бази, характер прояву
1, 2, 3	I, V, VI	УБ, явна
4, 5	II, III	ПОБ, явна
6	IV	ОБ, явна

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / 1, α	X	Y	Z	Найменування бази
1	0	0	1	УБ
α	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	ОБ
α	0	0	1	
Всього	2	2	2	6-ть зв'язків

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Креслення вилки кардана виконане із достатньої кількості видів, проєкцій, перетинів, виносок, технічних вимог. Аналізом технічних вимог креслення визначена їх достатність, щоб деталь виконувала своє службове призначення безпосередньо.

Якщо брати до уваги умову експлуатації деталі при робочому режимі трактора, то конструктор призначив матеріалом сталь 45Л ГОСТ 977-88 (див. табл. 2.1) [2].

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 45Л ГОСТ 977-88, у відсотках

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
					Окремо не більше		
0,4-0,5	0,3-0,9	0,2-0,4	0,045-0,06	0,04-0,08	0,3		

Основні механічні властивості сталі, рекомендовані режими термічної обробки для сталі 45Л наведені в таблицях 2.2 і 2.3 [2].

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 45Л ГОСТ 977-88

σ_b , МПа	σ_t , МПа	δ_5 , %	Ψ , %	a_n , Дж/см ²	НВ	$E \times 10^5$, Па	Обробка різанням
840	370	32	40	50	240-270	2,0-2,1	Задовільна

Глибина шару без вуглецю на необроблених поверхнях деталі (вилки) повинна бути не більше 0,3-0,5 мм [2].

Таблиця 2.3 – Режимы термічної обробки для сталі 45Л ГОСТ 977-88

Режим термічної обробки	Показники механічних властивостей					
	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ_5 , %	Ψ , %	a_n , кгс / см ²	НВ
Нормалізація 860-880 °С	320	350	12	20	3,0	143-229
Відпалювання 600-630 °С						
Гартування 860-880 °С	400	750	10	20	2,5	166-241
Охолодження в маслі, відпалювання 550-600 °С						

За всіма наведеними показниками зазначений конструктором матеріал відповідає експлуатаційним показникам. У разі відсутності зазначеної сталі, можлива її заміна іншою маркою, наприклад, сталь 45ФЛ ГОСТ 977–88. Аналіз критеріїв за якими був вибраний матеріал деталі показав, що він вибраний правильно, з урахуванням надійності експлуатаційних властивостей сталі при різних тяжких умовах роботи трактора. Треба зазначити, що підвищений процент фосфору в хімічному складі сталі дещо знижує якість виливки при різних способах її лиття. Але технічні вимоги креслення повністю забезпечують якість поверхонь виливаної заготовки. Згідно креслення маса деталі становить 2,1 кг.

Аналіз виявив основні поверхні деталі, які суттєво впливають на роботу складальної одиниці. Це шліцьова поверхня $D-6 \times 34H11 \times 40H8 \times 10F8$; два отвори діаметром $26H10$; діаметр $45H11$. Їх технологічне забезпечення потребує застосування відомих і спеціальних методів обробки, а також раціональну побудову технологічного процесу (ТП) механічній обробки.

Конструктор зазначив кілька вимог на взаємне розташування деяких поверхонь. Для нормальної експлуатації деталі перпендикулярність поверхні діаметром $26H10$ відносно поверхонь Г і Д, а також її симетричність відносно поверхні В зазначені в межах 0,25 мм. Для виключення перекосу деталі при складанні вузла торець $171/\varnothing 80h12$ повинен мати радіальне биття відносно внутрішньої поверхні шліців В не більше 0,1 мм. Наведені вимоги конструктор зазначив правильно, що показала їх надійна і тривала експлуатація на різних робочих режимах трактора в польових умовах.

Таким чином, зазначені технічні вимоги в кресленні вилки кардана будуть без особливих труднощів реалізовані в технологічному процесі його виготовлення.

					ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		10

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій K_{30} [2]. Вихідними даними для розрахунку K_{30} є: існуючий технологічний процес виготовлення секції, річна програма випуску виробів $N = 10000$ шт., норми штучно-калькуляційного $T_{шт-к}$ часу за всіма механічними операціями технологічного процесу. Вихідні дані і розрахунок коефіцієнта закріплення операцій K_{30} наведений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Номер операції	Найменування операції	$T_{шт-к},$ хв	m_p	P	$\eta_{з.ср.}$	O
015	Токарно-револьверна	2,02	0,104	1	0,104	7,692
020	Токарно-револьверна	1,76	0,091	1	0,091	8,791
025	Протяжна	0,44	0,023	1	0,023	34,783
030	Токарно-гвинторізна	1,18	0,061	1	0,061	13,115
035	Поздовжньо-фрезерна	0,92	0,048	1	0,048	16,667
040	Радіально-свердлильна	1,78	0,092	1	0,092	70,175
045	Горизонтально-фрезерна	0,62	0,032	1	0,032	3,397
Всього		8,72		7		114,744

Визначення типу виробництва.

Кількість верстатів по окремим операціям визначається за формулою

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.ср}},$$

де $F_d = 4029$ год – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$N = 10000$ шт – річна програма деталей;

$\eta_{з.н.ср} = 0,8$ – середній нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Приймаємо ціле число робочих місць P , округлюючи до ближнього більшого цілого числа значення m_p .

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця

$$\eta_{з.ср} = m_p / P.$$

Кількість операцій, які виконуються на робочому місці

$$O = \eta_{з.н.ср} / \eta_{з.ср}.$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.1 и визначаємо суми $T_{шт}$; P ; O .
Коефіцієнт закріплення операцій становить

$$K_{30} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} = \frac{114,744}{7} = 16,4.$$

Згідно ГОСТ 14.004–83, якщо коефіцієнт закріплення операцій знаходиться в межах $10 < K_{30} \leq 20$, то тип виробництва є середньосерійним [2, с. 19].

Визначення форми організації виробництва.

Добовий випуск деталей

$$N_d = N/254 = 10000/254 = 40 \text{ шт},$$

де 254 – кількість робочих днів у році.

Добова продуктивність Q потокової лінії при її завантаженні на 60%

$$Q = \frac{F_d \cdot 60\%}{T_{cp}} = \frac{952 \cdot 0,6}{1,246} = 459 \text{ шт},$$

де $F_d = 60 \cdot F_{шт}/254 = 952$ хв – добовий фонд часу роботи обладнання при двозмінному режимі роботи;

$T_{cp} = \Sigma T_{шт-к}/n_p = 8,72/7 = 1,246$ хв – середня трудомісткість основних механічних операцій;

$n_p = 7$ – кількість основних механічних операцій технологічного процесу.

Якщо добовий випуск виробів менше добової продуктивності потокової лінії при її завантаженні на 60%, то застосування одно номенклатурної потокової лінії недоцільно. Тому приймаємо групову форму організації виробництва. Запуск виробів відбувається партіями із визначеною періодичністю, що є знаком серійного виробництва.

Кількість деталей в партії для їх одночасного запуску можна визначити спрощеним способом за формулою

$$N_p = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{10000 \cdot 6}{254} = 237 \text{ шт},$$

де $a = 12$ днів – періодичність запуску деталей для виготовлення.

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат					

ТМ320190009 – 00 ПЗ

Корегуємо розмір партії за рахунок визначення кількості змін C на обробку всієї партії

$$C = \frac{T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{п}}}{F_3 \cdot \eta_{\text{з.н.ср}}} = \frac{1,246 \cdot 237}{476 \cdot 0,8} = 0,78,$$

де $F_3 = F_{\text{д}}/v = 952/2 = 476$ хв – змінний фонд часу роботи обладнання;

$v = 2$ – кількість змін;

$\eta_{\text{з.н.ср}} = 0,8$ – нормативний коефіцієнт завантаження верстатів у серійному виробництві.

Округлюємо кількість змін до ближнього цілого значення $C_{\text{п}} = 1$. Тоді кількість деталей в партії

$$N_{\text{п}} = \frac{F_3 \cdot C_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{з.н.ср}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{476 \cdot 1 \cdot 0,8}{1,246} = 306 \text{ шт.}$$

Характеристика групової форми організації виробництва.

В умовах середньосерійного типу виробництва згідно ГОСТ 14.004-83 вироби виготовляються партіями або серіями, які складаються із одно-іменних, однотипних за конструкцією та типорозмірами виробів [3]. Вироби запускаються у виробництво одночасно. Вихідними заготовками є поковки на молотах, лиття в піщано-глинясті форми, лиття під тиском та в кокіль. Застосовуються різноманітне обладнання і оснастка, верстати універсальні і з ЧПК. Технологічна оснастка універсальна, стандартизована із механізованим та ручним приводом. Заготовки оброблюються партіями із послідовним виконанням технологічних операцій. Обладнання розташовується за ходом технологічного процесу, верстатна оснастка – спеціалізована.

Потрібна точність розмірів заготовок досягається як методом пробних ходів, так і методом автоматичного налагоджування верстатів на розмір. Технологічна документація і технічне нормування ретельно розроблюється для складних і відповідальних заготовок.

						ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат			13

Середня кваліфікація основних виробничих робочих вище, ніж у масовому виробництві, але нижче ніж у одиничному і складає 3–5 розряди. Серійне виробництво значно економніше ніж одиничне. У серійному виробництві значно краще використовується спеціальне обладнання і оснастка, що пов'язано із великими партіями оброблювальних деталей, а це зменшує собівартість продукції.

Заготовки між операціями переміщуються підлоговими і повітряними конвеєрами, також застосовується піднімальне-транспортне обладнання, електричні піднімальні пристрої, підлоговий електричний транспорт.

					ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		14

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

4.1 Оцінювання технологічності конструкції деталі за якісними показниками

Вилка кардана виготовлена із сталі 45Л ГОСТ 977-88 методом лиття в кокіль (див. креслення 150–74.651.810). Конфігурація поверхонь деталі не має складних рельєфів і не передбачає труднощів при виготовленні заготовки. Деталь є геометричною фігурою складеною із циліндричних, конічних, плоских поверхонь. Це дозволяє застосовувати при обробки заготовки відомі методи: точіння, протягування, розточування, свердління, фрезерування.

Ряд поверхонь заготовки складені із декілька простих поверхонь, наприклад, торець 171/Ø71 та конічна поверхня із підваленою Ø71 та вершиною Ø62. За вимогами креслення ця поверхня не потребує обробки металорізальним інструментом, а її розміри і шорсткість забезпечуються безпосередньо на заготівельній операції. Формоутворення наведених поверхонь не передбачає значних ускладнень при їх виготовленні відомими методами обробки. Можна вважати ці поверхнями – технологічними.

Конструкція деталі має три внутрішні поверхні: шліцьову D-6×34H11×40H8×10F8 та два діаметри 41H14 і 45H11(+0,16; 0). Шліцьову поверхню можна використовувати як базову поверхню для орієнтації та закріпленні заготовки на операціях механічної обробки.

Базою на більшості операцій буде шліцьова поверхня D-6×34H11×40H8×10F8 і поверхня Д (див. креслення 150-74.651.810). Виготовлення шліцьової поверхні в умовах серійного виробництва потребує розробку спеціальної протяжки. Це дозволить забезпечити високу точність, взаємне розташування розмірів, потрібну шорсткість поверхні але потребує додаткових витрат на розробку мірного інструмента, що робить формоутворення її конструкції відносно нетехнологічною.

Обробка двох точних отворів діаметром 26H10(+0,084; 0) мм потребує базування заготовки по поверхням Г, Д, В, що передбачає допоміжні витрати на розробку спеціального верстатного пристрою. При виготовленні зазначених отворів

					ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		15

виникає потреба у використуванні чорнової бази – поверхні 171/Ø71, яка не оброблюється на механічних операціях технологічного процесу. Це утруднює обробку отворів і характеризує їх конструкцію відносно нетехнологічною.

Одним із основних технічних вимог креслення є забезпечення радіального биття поверхні Г відносно поверхні В в межах 0,4 мм, та перпендикулярності двох отворів діаметром 26Н10 мм відносно площини Г в межах 0,25 мм. Не виконання цих вимог може призвести до перекосу шліцьової поверхні при її з'єднанні із шліцьовим хвостовиком (див. рис. 1.1). Довготривала експлуатація трактора показала, що чисельні показники наведеної вимоги не завжди забезпечують якісне складання деталей карданної передачі у вузол та її тривалу експлуатацію на різних режимах роботи трактора. Пропонується радіальне биття поверхні Г відносно поверхні В обмежити величиною 0,1 мм.

Нетехнологічними є конструкції фасок $30^{\circ} \pm 1^{\circ}$ на діаметрі 41(+0,62; 0) мм; конічної фаски $30^{\circ} \pm 1^{\circ}$ на діаметрі 71 мм; фаски $1,6 \times 45^{\circ}$ на діаметрах двох отворів 26Н10. Для їх виготовлення треба застосувати спеціальний профіль різального інструмента. Пропонується виконати реконструкцію зазначених фасок.

В ході виконаного аналізу за якісними показниками, зазначені нетехнологічні конструкції елементів деталі були змінені і на кресленні вилки кардана наведені нові їх значення (див. креслення 150–74.651.810).

В цілому конструкція деталі та призначені конструктором технічні вимоги до її виготовлення є технологічними, допускає оброблення поверхонь продуктивними методами обробки та застосування високопродуктивних режимів різання.

4.2 Оцінювання технологічності конструкції деталі за кількісними показниками

Рівень технологічності конструкції деталі оцінюється наступними кількісними показниками: коефіцієнтом уніфікації конструктивних елементів, коефіцієнтом точності обробки, коефіцієнтом шорсткості поверхонь, коефіцієнтом використання металу.

					ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		16

1. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів K_{ye} . Конструкція деталі складається із 34 елементів: циліндричних поверхонь – 6, конічних поверхонь – 2; шліцьових поверхонь – 1; плоских (торцевих) поверхонь – 8, канавок – 1; галтелей – 8; фасонних поверхонь – 2. Із 34-х елементів 29 уніфікованих, а 5 елементів – оригінальних. Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою

$$K_{ye} = 29/34 = 0,85.$$

Показник коефіцієнта уніфікації елементів достатньо високий і за цим критерієм конструкцію деталі можна вважати технологічною [4].

2. Коефіцієнт точності K_T діаметральних і основних лінійних розмірів деталі (див. табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для визначення коефіцієнта точності K_T

Квалітет точності T_i	8	9	10	11	12	14
Кількість квалітетів n_i	2	–	2	1	2	12
$T_i \cdot n_i$	16	–	20	11	24	168

$$\begin{aligned} \Sigma n_i &= 19; \quad \Sigma(T_i \cdot n_i) = 239. \\ T_{cp} &= \frac{\Sigma(T_i \cdot n_i)}{\Sigma n_i} = \frac{239}{19} \cong 12,6. \\ K_T &= 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{12,6} \cong 0,92. \end{aligned}$$

За показником коефіцієнта точності $K_T = 0,92$ деталь є технологічною.

3. Коефіцієнт шорсткості $K_{ш}$ діаметральних і торцевих (плоских) поверхонь деталі (див. табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для визначення коефіцієнта шорсткості $K_{ш}$

Шорсткість поверхонь $Ш_i(R_a, \text{мкм})$	2,5	3,2	6,3	12,5	25
Кількість поверхонь n_i	1	5	10	2	4
$Ш_i \cdot n_i$	2,5	16	63	25	100

$$\Sigma n_i = 22; \quad \Sigma(Ш_i \cdot n_i) = 206,5.$$

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{\Sigma(Ш_i \cdot n_i)}{\Sigma n_i} = \frac{206,5}{22} = 9,4.$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{Ш_{\text{ср}}} = \frac{1}{9,4} \cong 0,11.$$

Показник коефіцієнта шорсткості $K_{\text{ш}} = 0,11$ є достатнім і за цим критерієм конструкцію деталі можна вважати технологічною [4].

4. Коефіцієнт використання металу $K_{\text{вм}}$. Цей коефіцієнт визначається за формулою:

$$K_{\text{вм}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{з}}} = \frac{2,1}{3,3} \cong 0,64,$$

де $m_{\text{д}} = 2,1$ кг – маса деталі;

$m_{\text{з}} = 3,3$ кг – маса заготовки.

За цим показником конструкцію деталі можна вважати не достатньо технологічною, тому що приблизно третина ваги металу видаляється в стружку при механічній обробки.

Аналіз якісних та кількісних показників технологічності поверхонь деталі дозволив визнати її як технологічною на стадіях виготовлення заготовки та механічної обробки.

5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Вихідні дані: матеріал деталі – сталь 45Л ГОСТ 977–88; маса деталі 2,1 кг; річна програма $N = 10000$ штук; тип виробництва – середньосерійний, форма організації виробництва – групова.

В умовах середньосерійного виробництва заготовку можна виготовляти виттям у кокіль або литтям в піщано-глинясті форми з машинним формуванням.

1 Вартість виливки литтям в піщано-глинясті форми розраховується за формулою [4]:

$$S_3^1 = M_3 \cdot \Pi_0^1 \left(1 + \frac{a_{Т-з}}{100\%} \right) - (M_3 - G_d) \cdot \Pi_{в\text{ід}},$$

де S_3^1 – вартість заготовки, яка одержана литтям в піщано-глинясті форми;

$M_3 = 3,3$ кг – маса заготовки;

$\Pi_{в\text{ід}} = 2500$ грн – вартість однієї тони відходів [5, т. 27, с. 32];

$a_{Т-з} = 5 - 7\%$ – транспортно-заготівельні витрати (приймаємо 6%);

$G_d = 2,1$ кг – маса деталі;

$$\begin{aligned} \Pi_0^1 &= \frac{\Pi_{0.в.}^1}{1000} \cdot K_{м.з.} \cdot K_{с.л.} \cdot K_{о.п.} \cdot \left(1 + \frac{b_{Т.з.}}{100\%} \right) = \\ &= \frac{6800}{1000} \cdot 0,97 \cdot 0,67 \cdot 0,95 \cdot \left(1 + \frac{5\%}{100\%} \right) = 4,41 \text{ грн,} \end{aligned}$$

де $\Pi_{0.в.}^1 = 6800$ грн – вартість однієї тони виливки, яка одержана в піщано-глинястих формах [4, т. П.1];

$K_{м.з.} = 0,97$ – коефіцієнт, який враховує масу виливки [4, т. П.2];

$K_{с.л.} = 0,67$ – коефіцієнт, який враховує групу складності заготовки [4, т. П.2];

$K_{о.в.} = 0,94$ – коефіцієнт, який враховує об'єм виробництва (група серійності) [4, т. П.3];

$b_{Т.з.} = 5\%$ – показник, який характеризує точність заготовки [5, с. 33].

$$S_3^1 = 3,3 \cdot 4,41 \cdot \left(1 + \frac{6\%}{100\%} \right) - (3,3 - 2,1) \cdot 2,5 \cong 12,7 \text{ грн.}$$

					ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		19

2 Вартість виливки S_3^2 , яка одержана литтям в кокіль [4]:

$$S_3^2 = M_3 \cdot \text{Ц}_0^2 \left(1 + \frac{a_{\text{Т-З}}}{100\%} \right) - (M_3 - G_{\text{Д}}) \cdot \text{Ц}_{\text{О.В.}}$$

$$\text{Ц}_0^2 = \frac{\text{Ц}_{\text{О.В.}}^2}{1000} \cdot K_{\text{М.В.}} \cdot K_{\text{С.В.}} \cdot K_{\text{О.В.}} \cdot \left(1 + \frac{b_{\text{Т.З.}}}{100\%} \right) =$$

$$= \frac{4700}{1000} \cdot 0,97 \cdot 0,67 \cdot 0,95 \cdot \left(1 + \frac{5\%}{100\%} \right) = 3,05 \text{ грн,}$$

де $\text{Ц}_{\text{О.В.}}^2 = 4700$ грн – вартість однієї тони виливки, яка одержана литтям в кокіль [4, т. П.1].

$$S_3^2 = 3,3 \cdot 3,05 \left(1 + \frac{6\%}{100\%} \right) - (3,3 - 2,1) \cdot 2,5 = 7,9 \text{ грн.}$$

Приймаємо спосіб одержання заготовки – лиття в кокіль, тому що, його собівартість менше собівартості лиття в піщано-глинясті форми.

Припуски и допуски на механічну обробку заготовки визначаються за рекомендаціями ГОСТ 26645–85 [6].

1 Установлюємо спосіб лиття [6, т. 9] – лиття в кокіль.

2 Установлюємо бази першої операції механічної обробки – торець 171xØ71 і діаметр 71 мм.

3 Розташування виливки у формі по лінії площини рознімання – вся заготовка формується в однієї опоки із установкою стрижня (вертикальне розташування заготовки).

4 Визначаємо клас розмірної точності виливки [6, т. 9] 6–10. Приймаємо 8.

5 Визначаємо ступінь жолоблення елементів виливки [6, т. 9] 2–5. Приймаємо 3.

6 Визначаємо ступінь точності поверхонь виливок [6, т. 11] 6–11. Приймаємо 8.

7 Визначаємо шорсткість поверхонь виливки [6, т. 12] $R_a = 12,5$ мкм – 9.

8 Визначаємо клас точності маси [6, т. 13] 5т – 11. Приймаємо 6.

9 Визначаємо допуск зміщення виливки за площиною рознімання згідно вимог розділу 2.7 [6] – 0,9 мм.

11 Визначаємо ряд припусків [6, т. 14] 2 – 5. Приймаємо 4.

12 Складаємо таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Визначення розмірів заготовки (випуск в кокіль)

Номер поверхні (дивись рисунок 1.2)	Номінальний розмір елемента деталі мм	Допуск розміру, мм (табл.1)	Допуск форми розташування виливки (табл.2)	Загальний допуск, мм (табл.16)	Вид механічної обробки (табл.7)	Половина загального допуску (пункт 4.21)	Ряд припусків (табл.14)	Величина припуску, мм (табл.6)	Остаточний розмір заготовки, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1, 10	124 ₋₁	1,6	0,2	1,6	чорнова	0,8	4	1,5	127±0,8
3, 17	15 _{-0,43}	0,9	0,2	1,0	чорнова	0,5	4	1,1	19±0,45
12	Ø34 ^{+0,16}	1,1	0,2	1,2	чорнова	0,6	4	1,2	Ø31±0,55
13	Ø41 ^{+0,62}	1,2	0,2	1,2	чорнова	0,6	4	1,2	Ø38±0,6
1, 26	25±0,26	1,0	0,2	1,0	чорнова	0,5	4	1,1	25±0,5
9	Ø55 _{-0,74}	1,4	0,2	1,6	чорнова	0,8	4	2,5	Ø60±0,7

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат
------	------	----------	---------	-----

ТМ320190009 – 00 ПЗ

Лист

21

6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Отвір діаметром 45H11(+0,16; 0) мм формується на операції 015 «Автоматна токарна», позиціях IV та VI.

Вихідні дані для розрахунку припуску.

1 Шорсткість поверхні і дефектний шар заготовки (виливки) [5]:

$$R_{zi-1 \text{ заг.}} + H_{i-1 \text{ заг.}} = 200 + 300 = 500 \text{ мкм.}$$

2 Шорсткість поверхні та дефектний шар заготовки після чорнового розточування [5]:

$$R_{zi-1 \text{ чорн. розт.}} + H_{i-1 \text{ чорн. розт.}} = 50 + 50 = 100 \text{ мкм.}$$

3 Величина просторових відхилень ρ_i [5]:

заготовки (виливки) $\rho_{i-1 \text{ заг.}}$:

$$\rho_{i-1 \text{ заг.}} = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} = \sqrt{171^2 + 380^2} = 417 \text{ мкм,}$$

де $\rho_{\text{жол}} = \Delta_{\text{жол}} \cdot D = 1 \text{ мкм/мм} \cdot 171 \text{ мм} = 171 \text{ м} = \text{км};$

$\rho_{\text{зм}} = T_{124} = 0,38 \text{ мкм} - (\text{допуск на довжину заготовки}).$

після чорнового розточування $\rho_{i-1 \text{ чорн. розт.}}$ [5]:

$$\rho_{i-1 \text{ заг.}} = 0,06 \rho_{i-1 \text{ чорн. розт.}} = 0,06 \cdot 417 = 25 \text{ мкм.}$$

4 Похибка установки на позиції чорнового розточування:

$$\varepsilon_{iy \text{ чорн. розт.}} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} = \sqrt{0^2 + 70^2 + 50^2} = 86 \text{ мкм,}$$

де $\varepsilon_{\delta} = 0 - \text{похибка базування на операції 015 [5];}$

$\varepsilon_3 = 70 \text{ мкм} - \text{похибка закріплення [5];}$

$\varepsilon_{\text{пр}} = 50 - \text{похибка позиціювання верстата [5].}$

Похибка установки на позиції пів чистового розточування [5]:

$$\varepsilon_{\text{п/чист. розт}} = 0,05 \cdot \varepsilon_{iy \text{ чорн. розт.}} + \varepsilon_{\text{інд}} = 0,05 \cdot 86 + 50 = 54 \text{ мкм,}$$

де $\varepsilon_{\text{інд}} = 50 \text{ мкм} - \text{похибка індикації різального інструмента відносно осі розточувального отвору.}$

									Лист
									22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат					

Розрахунок виконаний на ЕОМ за програмою «prip.ver 7» (дивись додаток Б).
 Результати розрахунків наведені на рисунку 6.1.

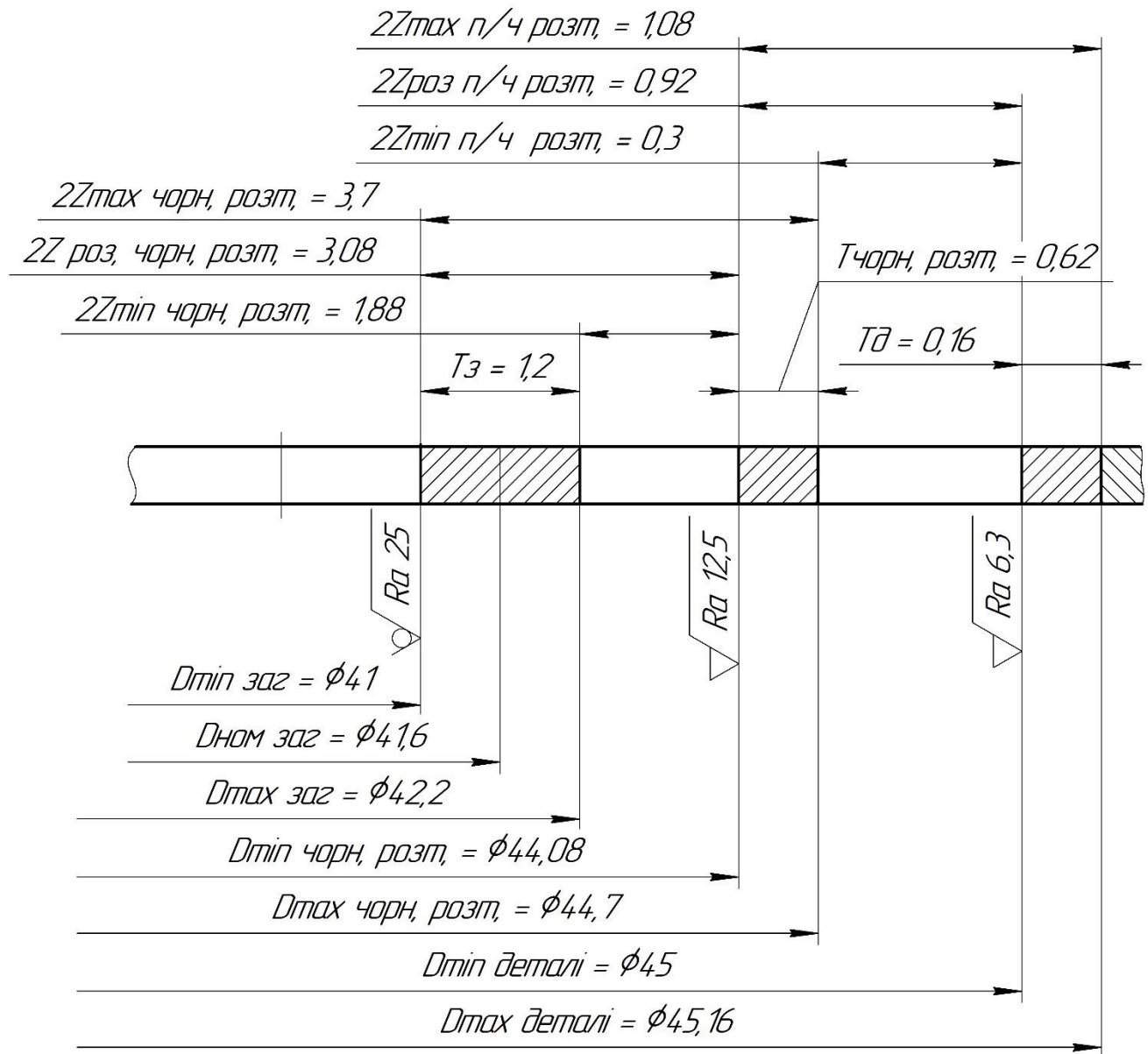


Рисунок 6.1 – Схема припусків і допусків на обробку отвору $\text{Ø}45H11$

6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Заготовка базується по шліцьовій поверхні $D-6x34H11x40H8x10F8$ і оброблювальному торцю $\text{Ø}55/D-6x34x40H8x10F8$ (див. рис. 6.2).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат
------	------	----------	---------	-----

TM320190009 – 00 ПЗ

Лист

23

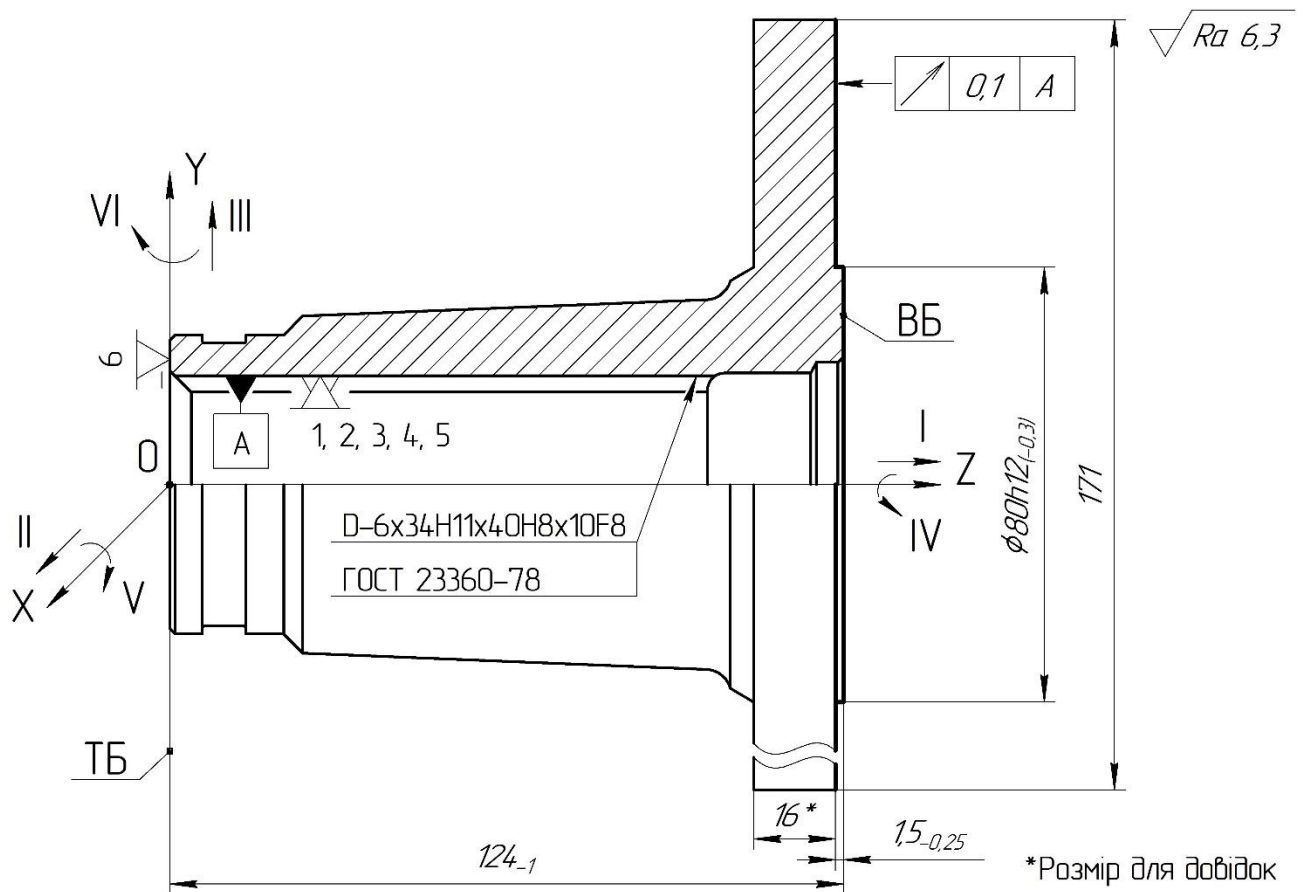


Рисунок 6.2 – Ескіз заготовки установленної на операції 025 «Токарна з ЧПК»

Для базування на операції застосовується спеціальна оправка D-6x34x40h6x10h6 з упором. Крутний момент до заготовки передається від повідкового патрона. Шліцьова поверхня оправки позбавляє заготовку п'яти ступенів свободи. Одночасно реалізується подвійна напрямна (ПНБ) і опорна (ОБ) бази. Також на оправки виконана збільшена сходи́нка, торець якої реалізує шосту ступінь свободи заготовки – опорну базу (ОБ).

Базування заготовки по шліцьовій поверхні забезпечує вимогу креслення по радіальному биттю торця $171/\varnothing 80h12$ відносно внутрішнього діаметра $40H8$ (база А) в межах $0,1$ мм, а також точність діаметра $80h12(0; -0,3)$ мм.

Точність розміру $124(0; -1,0)$ мм на операції витримується, тому що ТБ і ВБ суміщені і похибка базування дорівнює нулю. Точність розміру $1,5(0; -0,25)$ мм не буде забезпечена, тому що ТБ і ВБ не співпадають в напрямку витримуюмого розміру. У разі налагодження інструмента на розмір виникає похибка базування

										Лист
										24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

$\varepsilon_{61,5}$, яка становить $\varepsilon_{61,5} = T_{124} = 1 \text{ мм} > T_{1,5} = 0,25 \text{ мм}$. Але обробка виконується на верстаті з ЧПК, де спочатку точиться торець $\varnothing 80h12/\varnothing 45H11$, а потім від цієї поверхні точиться торець $171/\varnothing 80h12$. Таким чином, відбувається суміщення ТБ та ВБ і тому похибка базування для розміру $1,5(0; -0,25)$ мм буде дорівнювати нулю. Цей розмір також буде витриманий під час на операції.

Аналіз запропонованої схеми базування і закріплення заготовки показав, що всі технічні вимоги креслення на операції витримуються. В таблицях відповідності і матриці зв'язків наведені ступінь позбавлення свободи заготовки, найменування баз і характер їх прояву (див. табл. 6.1 і 6.2).

Таблиця 6.1 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь свободи	Найменування бази, характер прояву
1, 2, 3, 4, 5	II, III, IV, V, VI	ПНБ + ОБ, явна
6	I	ОБ, явна

Таблиця 6.2 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / 1, α	X	Y	Z	Найменування бази
1	1	1	0	ПНБ + ОБ
α	1	1	1	
1	0	0	1	ОБ
α	0	0	0	
Всього	2	2	2	б-ь зв'язків

Запропоновану схему установки заготовки приймаємо для її реалізації на операції 025 «Токарна з ЧПК».

Операція 040 «Горизонтально-фрезерна». Структура операції складається із одного установи і одного технологічного переходу. На операції одночасно фрезеруються дві плоскі поверхні. За вимогами креслення треба забезпечити розміри $65(0, -0,74)$ мм і $32,5 \pm 0,31$ мм. Шорсткість поверхонь після обробки становить $R_a = 12,5$ мкм. Схема базування заготовки на цій операції наведена на рисунку 6.3.

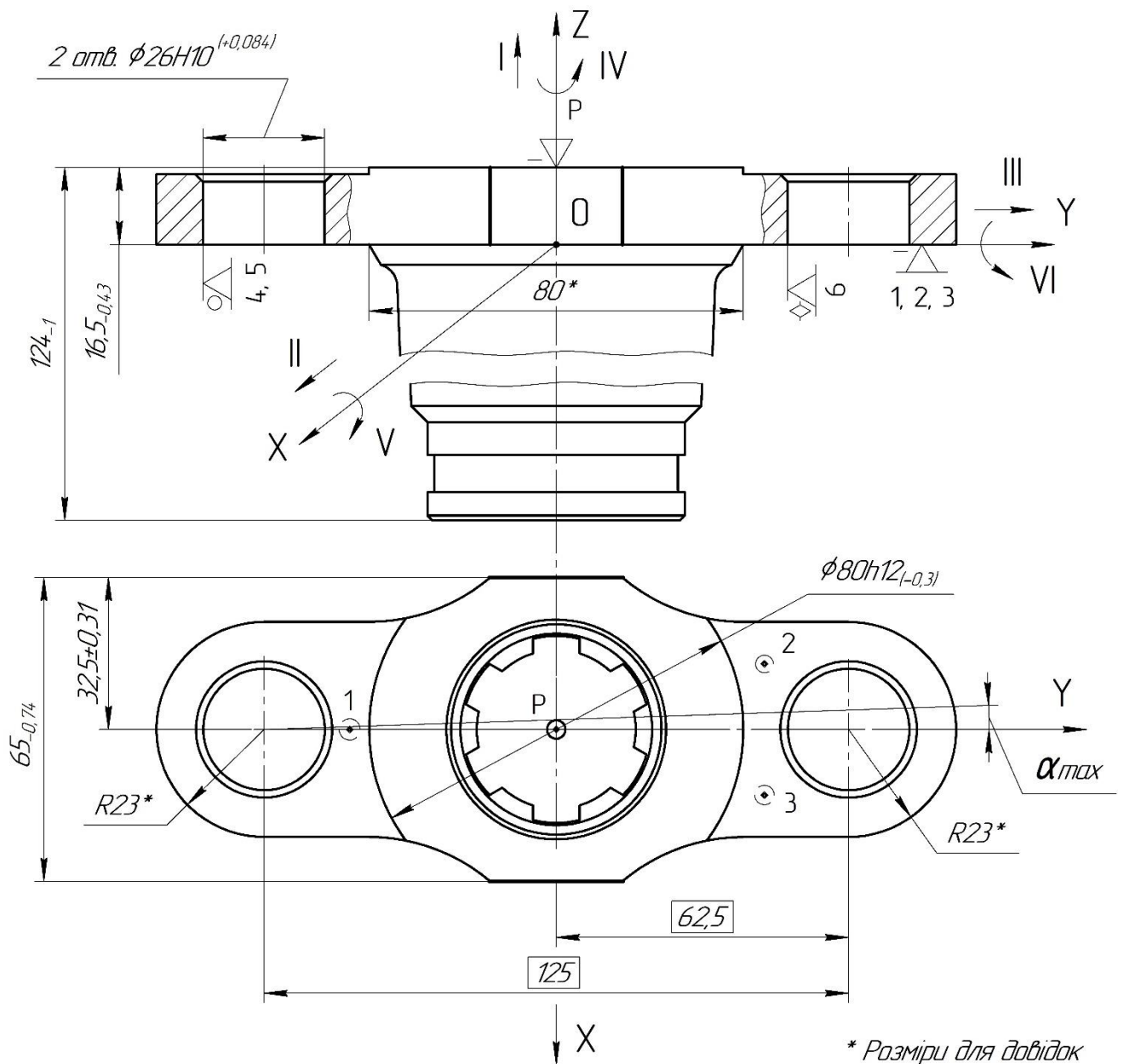


Рисунок 6.3 – Ескіз заготовки на операції 040 «Горизонтально-фрезерна»

Заготовка базується по двом плоским поверхням розміром 46 x 45,5 мм кожна та двом отворами $\varnothing 26H10(+0,084; 0)$ мм (див. рис. 6.3). Базовими поверхнями пристрою є дві плоскі поверхні, які знаходяться в одній площині, та два пальця – циліндричний і зрізаний (ромбічний). Реалізація цієї схеми базування залежить від точності розташування отворів $\varnothing 26H10$, які виготовлені на попередній операції 035 «Свердлильна з ЧПК». За цією схемою можливе максимальне зміщення осі симетрії на кут α_{max} , на якій розташовані центри двох отворів (див. рис. 6.3). Це

					Лист
					ТМ320190009 – 00 ПЗ
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	26

приведе до похибки базування, яка визначиться непаралельністю двох оброблювальних поверхонь відносно зазначеної осі симетрії.

Похибка базування при установці заготовки площиною і двома отворами на два установчих пальця (циліндричний і ромбічний), виникає із-за зазорів у з'єднанні пальців і отворів (див. рис. 6.4). Похибка дорівнює зміщенню (перекосу) заготовки на кут α_{max} . Найбільший можливий кут перекосу визначається за формулою

$$\tan \alpha_{max} = \frac{S_{max1} + S_{max2}}{2L},$$

де S_{max1} – максимальний зазор між отвором заготовки і циліндричним пальцем;

S_{max2} – максимальний зазор між отвором заготовки і ромбічним пальцем;

$L = 125$ мм – відстань між циліндричним та ромбічним пальцями в пристрої.

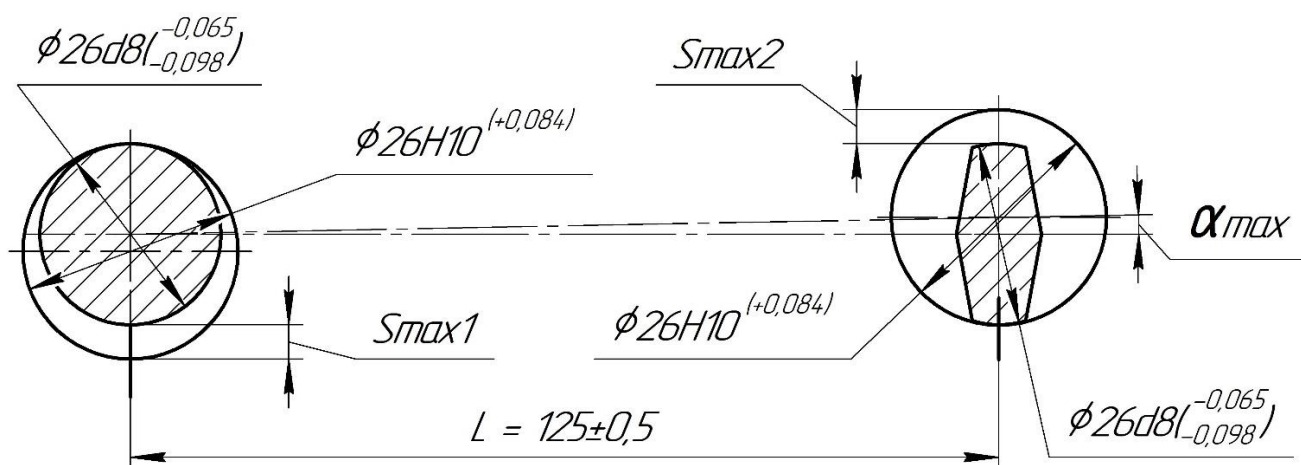


Рисунок 6.4 – Схема до визначення максимального кута перекосу при базуванні заготовки на площину, циліндричний і ромбічний пальці

При з'єднанні циліндричного і ромбічного пальців із отворами заготовки $\phi 26H10/\phi 26d8$ максимальні зазори $S_{max1} = S_{max2} = 0,182$ мм.

Тоді максимальний кут перекосу заготовки становитиме

$$\tan \alpha_{max} = \frac{S_{max1} + S_{max2}}{2L} = \frac{0,182 + 0,182}{2 \cdot 125} = 0,0015.$$

$$\alpha_{max} = \arctan 0,0015 \cong 0^{\circ}6'.$$

Таким чином, розрахований максимальний кут перекошу зміщує заготовку в межах 0,002 мм, що знаходиться в полі допуску на розмір $32,5 \pm 0,31$ мм.

Аналіз запропонованої схеми базування і закріплення заготовки показав, що всі технічні вимоги креслення на операції витримуються. В таблицях відповідності і матриці зв'язків наведені ступінь позбавлення свободи заготовки, найменування баз і характер їх прояву (див. табл. 6.4 і 6.5).

Таблиця 6.4 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь свободи	Найменування бази, характер прояву
1, 2, 3	I, V, VI	УБ, явна
4, 5	II, III	ПОБ, явна
6	IV	ОБ, явна

Таблиця 6.5 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / 1, α	X	Y	Z	Найменування бази
1	0	0	1	УБ
α	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	ОБ
α	0	0	1	
Всього	2	2	2	б-ь зв'язків

Запропонована схема установки заготовки приймається для її реалізації на операції 040 «Горизонтально-фрезерна».

6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

На операції 025 «Токарна з ЧПК» пропонується застосувати токарно-гвинторізний верстат з ЧПК моделі 16Б16Т1. Верстат застосовується в серійному виробництві, його потужність достатня для обробки зазначених поверхонь заготовки. Верстат має безступінчасту коробку подач, що дозволяє реалізовувати потрібний режим різання при точінні торцевих і циліндричних поверхонь заготовки. Стисла характеристика верстата наведена в таблиці 6.3.

									Лист
									28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат					

Таблиця 6.3 – Стисла характеристика верстата моделі 16Б16Т1

Найменування показника	Чисельні дані
Найбільший діаметр оброблювальної заготовки, мм: над станиною	320
над супортом	125
Найбільша довжина оброблювальної заготовки, мм	750
Частота обертання шпинделя, об/хв	40 – 2000
Кількість швидкостей шпинделя	18
Подача супорта, мм/хв: повздожня	2 – 1200
поперечна	1 – 1200
Кількість ступенів подач	б/с
Потужність електродвигуна головного привода, кВт	4,2 або 7,1
Габаритні розміри (без) ЧПК (Д х Ш х В), мм	3100 х 1390 х 1870
Маса, кг	2350

На операції 040 «Горизонтально-фрезерна» пропонується використати горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Р81Г, який застосовується для фрезерування різних деталей в умовах одиничного і серійного виробництва. Верстат має достатню потужність приводу для обробки заготовки двома фрезами на потрібних режимах різання. Кінематична схема верстата забезпечить потрібну точність розмірів заготовки та шорсткість поверхонь. Стисла характеристика верстата наведена в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Стисла характеристика верстата моделі 6Р81Г

Найменування показника	Чисельні дані
Розміри робочого стола, мм	1000 х 250
Кількість швидкостей шпинделя	16
Частота обертання шпинделя, об/хв	50 – 1600
Кількість ступенів подач стола	16
Подача стола, мм/хв: повздожніх і поперечних вертикальних	25 – 800 8,3 – 266,7
Потужність електродвигуна, кВт: головного руху	5,5
подачі стола	1,5
Габарити верстата, мм	1560 х 2045
Маса, кг	2368

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального і вимірювального інструментів

На операції 025 «Токарна з ЧПК» для базування заготовки використовується шліцьова спеціальна оправка D-6x34x40h6x10h6. Для передачі крутного моменту застосовується токарний патрон 7102-0071 ГОСТ 2571–71 [7].

Різальний інструмент – токарній збірний контурний різець з механічним кріпленням тригранних пластин із твердого сплава. Умовне позначення: різець 2101-0601 Т5К10 ГОСТ 20872–80 [7].

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166–89, зразки шорсткості ГОСТ 9378–75 [7].

На операції 040 «Горизонтально-фрезерна» застосовується спеціальний пристрій, який складається із двох плоских поверхонь стола та двох установчих пальців – циліндричного та ромбічного «зрізаного». Для закріплення заготовки використовується пневматичний привід із затискнуою шайбою. Розрахунок конструкції верстатного пристрою наведений в розділі 7 пояснювальної записки.

Різальний інструмент: фреза дискова, тристороння з вставними ножами твердого сплава згідно ГОСТ 5348-69 [7]. Умовне позначення інструмента: фреза 2224-0155 Т5К10 ГОСТ 5348-69.

Допоміжний інструмент: оправка на яку установлюються дві фрези. Умовне позначення: оправка 6225-0138 ГОСТ 15067-75.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-ІІ-125-0,1 ГОСТ 166-89; зразки шорсткості ГОСТ 9378-75.

6.5 Розрахунок режимів різання

Операція 025 «Токарна з ЧПК». Вихідні дані: потужність верстата $N = 4,2$ кВт; контурний різець 2101-0601 Т5К10 ГОСТ 20872–80. На операції точаться два торця 171/Ø45h11 і 171/Ø80h12 та поверхня Ø80h12(0; -0,3) мм довжиною 1,5 мм.

Розрахунок виконується для точіння торцевої поверхні 171/Ø80h12.

					ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

1 Глибина різання $t = 1,5$ мм.

2 Для точіння торця (переривчаста поверхня) за рекомендаціями роботи [7, т. 15, с. 268] приймається подача $S_T = 0,35$ мм/об.

3 Швидкість різання V (м/хв):

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_T^y} = \frac{350 \cdot 0,53}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,35^{0,35}} = 111,4 \text{ м/хв,}$$

де $C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,2$ [7, т. 17, с. 269-270]; $T = 60$ хв [7, с. 268];

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{NV} = 0,96 \cdot 0,85 \cdot 0,65 = 0,53;$$

$$K_{MV} = K_n \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{780} \right)^1 = 0,96;$$

$n_v = 1$; $K_n = 1$ [7, т. 2, с. 262];

$K_{ПV} = 0,85$ [7, т. 5, с. 263]; $K_{NV} = 0,65$ [7, т. 6, с. 263].

4 Частота обертання n (об/хв) яка приймається при точінні торця на максимальному діаметрі 171 мм:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 111,4}{3,14 \cdot 171} = 207,5 \text{ об/хв.}$$

За паспортом верстата приймається $n_{\Pi} = 200$ об/хв.

Фактична швидкість на максимальному діаметру $V_{\phi \max}$ становить:

$$V_{\phi \max} = \frac{\pi D_{\max} n_{\Pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 171 \cdot 200}{1000} = 107,4 \text{ м/хв.}$$

Фактична швидкість на мінімальному діаметру $V_{\phi \min}$ становить

$$V_{\phi \min} = \frac{\pi D_{\min} n_{\Pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 200}{1000} = 50,3 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача S_x (мм/хв) становить:

$$S_x = S_T \cdot n_{\Pi} = 0,35 \cdot 200 = 70 \text{ мм/хв.}$$

5 Сила різання P_z (Н) визначається за формулою

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S_T^y \cdot V_{\phi}^n \cdot K_p,$$

де $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$ [7, т. 22, с. 273];

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 1,03 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,97;$$

$$K_{Mp} = K_n \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = 1 \cdot \left(\frac{780}{750} \right)^{0,75} = 1,03,$$

										Лист
										31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

де $n = 0,75$; $\sigma_B = 780$ МПа [7, т. 9, с. 264];

$K_{\varphi p} = 0,94$; $K_{\gamma p} = 1,0$; $K_{\lambda p} = 1,0$; K_{rp} – немає [7, т. 23, с. 275].

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,35^{0,75} \cdot 107^{-0,15} \cdot 0,97 = 985,2 \text{ Н.}$$

6 Потужність різання N_e (кВт) визначається за формулою

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{985,2 \cdot 107,4}{1020 \cdot 60} = 1,73 \text{ кВт.}$$

Якщо $N \cdot \eta = 4,2 \cdot 0,8 = 3,36 \text{ кВт} > N_e = 1,73 \text{ кВт}$, то обробка можлива.

7 Основний (машинний) час T_{02} (хв) технологічного переходу при обточуванні торця визначається за формулою

$$T_{01} = \frac{L_p \cdot i}{S_x} = \frac{47 \cdot 1}{70} = 0,67 \text{ хв,}$$

де $L_p = l_{01} + l_{вр} + l_{пер} = 45,5 + 1,5 + 0 = 47$ мм;

$l_{01} = 45,5$ мм – оброблювальна довжина заготовки;

$l_{вр} = 1,5$ мм – величина врізання різця;

$l_{пер} = 0$ – величина перебігу різця;

$i = 1$ – кількість ходів інструмента.

На інші технологічні переходи режими різання розраховані табличним методом (див. табл. 6.5).

Таблиця 6.5 – Режими різання на операції 025 «Токарна з ЧПК»

Оброблювальна поверхня, мм	t, мм	i	So, мм/об	Sx, мм/хв	n, об/хв	V, м/хв	Lp, мм	To, хв
Торець 171/45Н11	1,5	1	0,35	70	200	107,4/28,3	66	0,95
Торець 171/80Н12	1,5	1	0,35	70	200	107,4/50,3	47	0,67
Ø80Н12(0; -0,3)	0,5	1	0,1	40	400	100,5	3,0	0,08
Всього								1,7

Операція 040. «Горизонтально-фрезерна». Вихідні дані: потужність електродвигуна верстата $N = 5,5$ кВт; різальний інструмент – фреза дискова, тристороння з вставними ножами твердого сплава Т5К10.

1 Глибина фрезерування $t = 16,5$ мм; ширина фрезування $B = 3$ мм.

2 Подача на зуб $S_z = 0,11$ мм/зуб [7, т. 33, с. 283].

3 Швидкість різання V (м/хв) визначається за формулою

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z^p} =$$
$$= \frac{740 \cdot 160^{0,2} \cdot 0,77}{150^{0,35} \cdot 16,5^{0,4} \cdot 0,11^{0,4} \cdot 3^0 \cdot 12^0} = 214,3 \text{ м/хв,}$$

де $C_v = 740$; $x = 0,2$; $y = 0,4$; $n = 0$; $p = 0$; $m = 0,35$ [7, т. 39, с. 289-290];

$T = 150$ хв [7, т. 40, с. 290];

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv} = 0,96 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,77,$$

$$K_{Mv} = K_T \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{780}\right)^{1,0} = 0,96 \text{ [7, т. 2, с. 262];}$$

$K_{Пv} = 0,8$; $K_{Иv} = 1,0$ [7, т. 5-6, с. 263].

4 Кількість обертів фрези n (об/хв) визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{фр}}} = \frac{1000 \cdot 214,3}{3,14 \cdot 160} = 426,6 \text{ об/хв.}$$

Приймається за паспортом верстата $n_{\text{п}} = 400$ об/хв, тоді фактична швидкість різання становить

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi D_{\text{ф}} n_{\text{п}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 400}{1000} = 201 \text{ м/хв.}$$

Визначається хвилинна подача стола верстата

$$S_x = S_z \cdot z \cdot n_{\text{п}} = 0,11 \cdot 12 \cdot 400 = 528 \text{ мм/хв.}$$

Приймаємо за паспортом верстата $S_x = 266,7$ мм/хв. Тоді $S_z = 0,06$ мм/зуб.

5 Визначається сила різання P_z (Н) для однієї фрези:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z \cdot K_{Mp}}{D_{\text{фр}}^q \cdot n_{\text{п}}^w} =$$
$$= \frac{10 \cdot 261 \cdot 16,5^{0,9} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 3^{1,1} \cdot 12 \cdot 1,01}{160^{1,1} \cdot 315^{0,1}} = 296 \text{ Н,}$$

де $C_p = 261$; $x = 0,9$; $y = 0,8$; $n = 1,1$; $q = 1,1$; $w = 0,1$ [7, т. 41, с. 291];

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{780}{750}\right)^{0,3} = 1,01,$$

					ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		33

де $n = 0,3$ [7, т. 9, с. 264].

Сила різання, яка виникає при обробки двома фрезами

$$P_{2z} = 2P_z = 2 \cdot 296 = 592 \text{ Н.}$$

Визначаються складові сили різання при роботі двох фрез за схемою зустрічного фрезерування супротив подачі [7, т. 42, с. 292].

$$P_h = P_{2z} \cdot 1,2 = 592 \cdot 1,2 = 711 \text{ Н;}$$

$$P_v = P_{2z} \cdot 0,25 = 592 \cdot 0,25 = 148 \text{ Н;}$$

$$P_y = P_{2z} \cdot 0,6 = 592 \cdot 0,6 = 356 \text{ Н;}$$

$$P_x = P_{2z} \cdot 0,4 \cdot \tan \omega = 592 \cdot 0,4 \cdot \tan 25^\circ = 176 \text{ Н.}$$

6 Визначається складова сили, за якою розраховується оправка на вигін

$$P_{yz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2} = \sqrt{356^2 + 592^2} = 691 \text{ Н.}$$

7 Визначається крутний момент $M_{кр}$ (Нм) на шпинделі

$$M_{кр} = \frac{P_{2z} \cdot D_{фр}}{2 \cdot 1000} = \frac{592 \cdot 160}{2 \cdot 1000} = 47,4 \text{ Нм.}$$

8 Визначається потужність різання (ефективна), кВт:

$$N_e = \frac{P_{2z} \cdot V_{ф}}{1020 \cdot 60} = \frac{592 \cdot 201}{1020 \cdot 60} = 2,0 \text{ кВт.}$$

Якщо $N_0 = N \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ кВт} > N_e = 2,0 \text{ кВт}$ – обробка виконується.

9 Основний (машинний) час T_0 (хв) визначається за формулою:

$$T_0 = \frac{L_p \cdot i}{S_x} = \frac{26,6 \cdot 1}{266,7} = 0,1 \text{ хв,}$$

де $L = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 16,5 + 2,5 + 7,5 = 26,5 \text{ мм;}$

$i = 1$ – кількість ходів інструмента.

6.6 Технічне нормування операцій

Операція 025 «Токарна з ЧПК».

Штучно-калькуляційний час $T_{ш-к}$ визначається за формулою [5]

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{N_{п}} + T_0 + T_d + T_{об} + T_{від},$$

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

де $T_0 = 1,7$ хв – основний час операції;

$T_{п-з} = 22$ хв – підготовчо-завершальний час [5, т. 6.3, с. 215-216];

$N_{п} = 306$ шт – кількість деталей в налагоджувальній партії;

$T_{д}$ – допоміжний час.

Допоміжний час визначається за формулою:

$$T_{д} = 1,85(T_{уз} + T_{зв} + T_{кер} + T_{вим}),$$

де 1,85 – коефіцієнт, який враховує складові допоміжного часу визначених за умовами масового виробництва;

$T_{уз} = 0,2$ хв – час установлення і зняття заготовки на спеціальній шліцьовій оправки [5, т. 5.5, с. 199];

$T_{зв} = 0,1$ хв – час закріплення і відкріплення заготовки в спеціальному пристрої [5, т. 5.5, с. 201-202];

$T_{кер} = 0,75$ хв – час керування верстатом [5, т. 5.5, с. 202-206];

$T_{вим} = 0,13$ хв – час контрольних вимірювань заготовки [5, т. 5.16, с. 209].

$$T_{д} = 1,85(0,2 + 0,1 + 0,75 + 0,13) \cong 2,2 \text{ хв.}$$

Оперативний час $T_{оп} = T_0 + T_{д} = 1,7 + 2,2 = 3,9$ хв.

Сумарний час на обслуговування робочого місця $T_{об}$ і час на відпочинок та особисті потреби $T_{від}$ працюючого визначається в процентах від оперативного часу за формулою

$$T_{об} + T_{від} = T_{оп} \cdot П\% = 3,9 \cdot 0,07 \cong 0,3 \text{ хв,}$$

де $П = 7\%$ – процент від оперативного часу [5, т. 6.1, с. 214-215].

$$T_{шт-к} = \frac{22}{306} + 1,7 + 2,2 + 0,3 = 4,3 \text{ хв.}$$

Операція 040 «Горизонтально-фрезерна».

Штучно-калькуляційний час $T_{шт-к}$ визначається за формулою [5]:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{N_{п}} + T_0 + T_{в} + T_{об} + T_{пер},$$

де $T_{п-з} = 25$ хв – підготовчо-завершальний час на горизонтально-фрезерних верстатах [5, т. 6.5, с. 217-218];

					ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$N_{\Pi} = 306$ шт – кількість деталей в налагоджувальній партії;

$T_0 = 0,1$ хв – основний (машинний) час операції.

$$T_d = 1,85 \cdot (T_{уз} + T_z + T_{кер} + T_{вим}),$$

де $T = 0,075$ хв – час на установку и зняття заготовки руками в спеціальному пристрої [5, т. 5.6, с. 199-201];

$T_z = 0,11$ хв – час на закріплення (відкріплення) заготовки в спеціальному пристрої [5, т. 5.7, с. 201-202];

$T_{кер} = 0,06$ хв – час керування верстатом [5, т. 5.8, с. 202-205];

$T_{вим} = 0,16$ хв – час вимірювання розмірів заготовки [5, т. 5.16, с. 209].

$$T_d = 1,85(0,075 + 0,11 + 0,06 + 0,16) = 0,75 \text{ хв.}$$

Оперативний час $T_{оп} = T_0 + T_d = 0,1 + 0,75 = 0,85$ хв.

Сумарний час обслуговування робочого місця $T_{об}$, відпочинку та особистих потреб $T_{від}$ працюючого визначається в процентах від оперативного часу за формулою [5, т. 6.1, с. 214-215]:

$$T_{об} + T_{від} = 9\% \cdot T_{оп} = 0,09 \cdot 0,85 = 0,08 \text{ хв.}$$

$$T_{ш-к} = \frac{25}{306} + 0,1 + 0,75 + 0,08 = 1,02 \text{ хв.}$$

					ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

7.1 Обґрунтування мети технологічної операції і задачі для проектування

На операції 040 «Горизонтально-фрезерна» фрезеруються дві плоскі поверхні і витримуються розміри $65(0; -0,74)$ мм і $32,5 \pm 0,31$ мм. Шорсткість оброблювальних поверхонь становить $R_a = 12,5$ мкм.

Точність паралельного розташування фрезеруємих поверхонь відносно осі розміром $125j_s14(\pm 0,5)$ мм на якій розташовані два отвори $\varnothing 26H10(+0,084; 0)$ мм вимогами креслення не обумовлені. Тому допуск їх паралельного розташування приймається в межах допуску розміру $65(0; -0,74)$ мм, який пов'язує ці поверхні

$$T_{\text{пар}} = 0,6 \cdot T_{65h14} = 0,6 \cdot 0,74 = 0,444 \cong 0,45 \text{ мм.}$$

Обробка поверхонь виконується на горизонтально-фрезерному верстаті моделі 6Р81Г з потужністю головного електродвигуна $N = 5,5$ кВт і розмірами робочої поверхні стола 1000×250 мм. Стіл має три пази: один середній паз шириною $14H8$ і два крайніх – шириною $14H11$. Відстань між пазами становить 50 мм.

В розділі 6.5 розраховані режими різання оброблювальних поверхонь:

$t = 16,5$ мм; $B = 3$ мм; $S_z = 0,06$ мм/зуб; $S_x = 266,7$ мм/хв; $n = 400$ об/хв; $V_{\phi} = 201$ м/хв; $P_z = 296$ Н (однієї фрези); $P_{2z} = 592$ Н (двох фрез); $P_h = 711$ Н; $P_v = 148$ Н; $P_y = 356$ Н; $P_x = 176$ Н; $M_{кр} = 47,4$ Н; $N_e = 2,0$ кВт; $T_o = 0,1$ хв.

Аналіз наведених даних дозволив сформулювати завдання для проектування верстатного пристрою.

1 Розробити конструкцію пристрою, який реалізує запропоновані схеми базування та закріплення заготовки на фрезерній операції.

2 Забезпечити зручну установку (зняття), закріплення (відкріплення) заготовки за час роботи з пристроєм.

3 Забезпечити строк служби пристрою за час обробки вилок кардана із заданою річною програмою їх випуску.

										Лист
										37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

7.2 Розробка і обґрунтування схеми базування та закріплення заготовки

Схема установлення заготовки на два циліндричні отвори із паралельними осями і перпендикулярною до них площиною, реалізується простою конструкцією пристрою, яка забезпечує вільний доступ фрез до оброблених поверхонь. Заготовка закріплюється силою, яка направлена перпендикулярно до її базової площини і не викликає зміщення відносно елементів конструкції пристрою. Така установка є раціональною для заготовок, у яких розміри базової площини більше ніж її висота.

Дві базові площини заготовки розміром 46 x 45,5 мм оброблені на попередній операції 030 «Горизонтально-фрезерна» з шорсткістю $R_a = 6,3$ мкм. В кожній із плоских поверхонь на операції 035 «Свердлильна з ЧПК» зроблені по одному наскрізному отвору $\varnothing 26H10(+0,084; 0)$ мм з шорсткістю $R_a = 3,2$ мкм.

Така конструкція поверхонь дозволяє установити заготовку 1 на площину 2 пристрою та два пальця: циліндричний 3 і зрізаний 4 (див. рисунок 7.1).

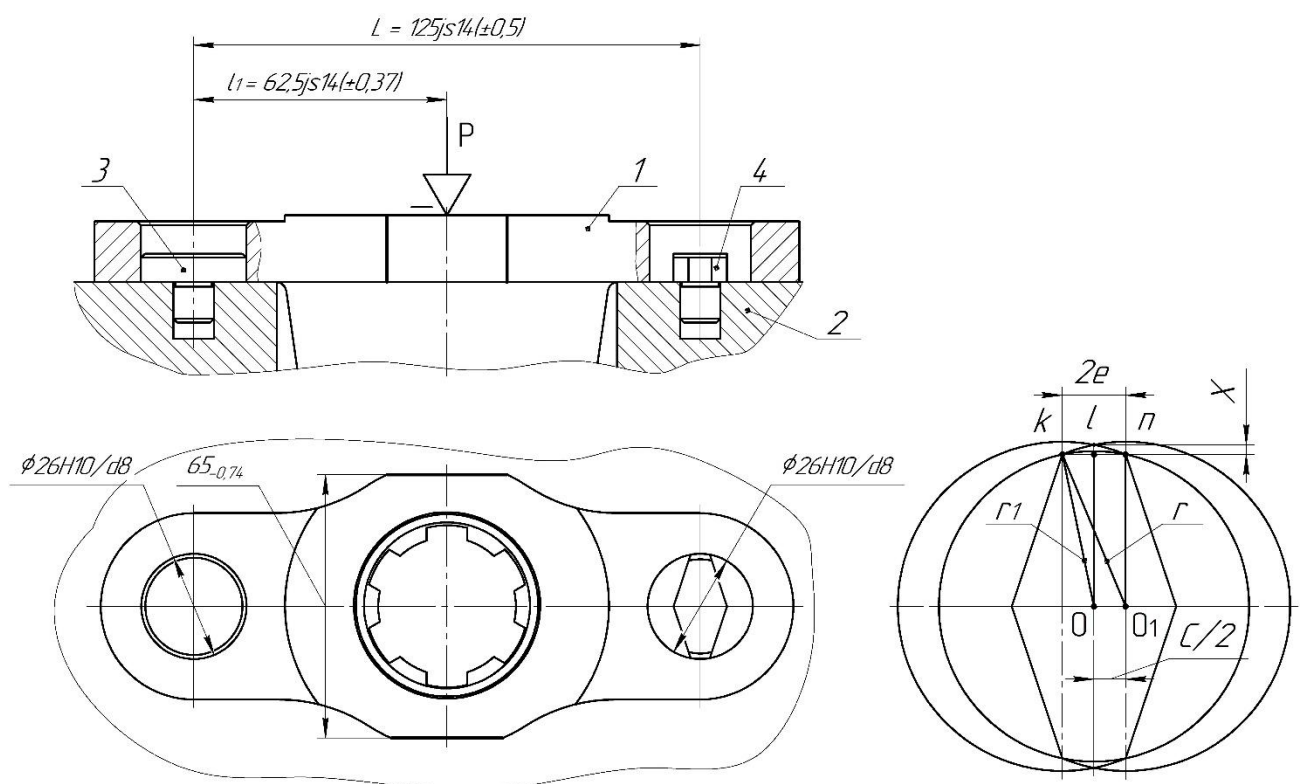


Рисунок 7.1 – Схема установки заготовки на пальці: 1 – заготовка; 2 – площина пристрою; 3 – палець циліндричний; 4 – палець ромбічний (зрізаний)

						ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат			38

Пальці зроблені жорсткими і оброблені під посадку $\text{Ø}26\text{H}10/d8$. Наведена конструкція елементів пристрою дозволяє обробляти без похибок великі партії заготовок і забезпечити їх технічні вимоги.

Розглянемо схему установаження заготовки на площину і два пальця (циліндричний і ромбічний) та розрахуємо окремі конструктивні елементи пристрою (див. рисунок 7.2).

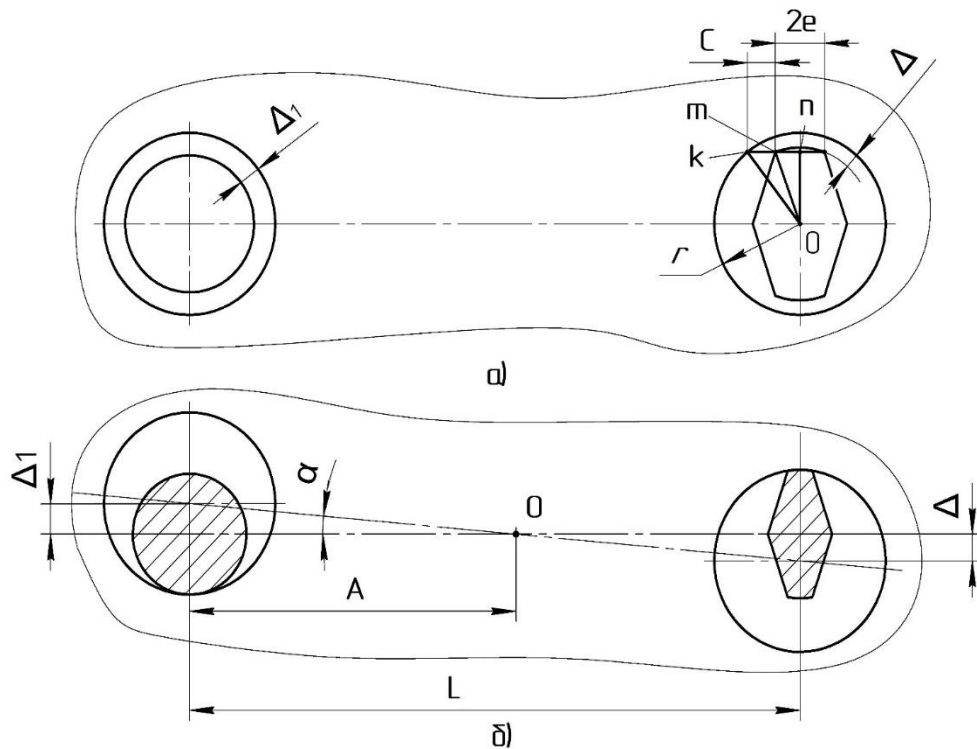


Рисунок 7.2 – Схема для розрахунку ширини стрічки ромбічного пальця (а) і похибки (б) установаження заготовки на пальці

На спроможність установаження партії заготовок з різними відстанями в межах $125 \pm 0,5$ мм між двома отворами діаметрами $26\text{H}10(+0,084; 0)$ мм, впливає ширина $2e$ і радіус стрічки r_1 ромбічного пальця (див. рис. 7.1). Окрім названого елемента конструкції пальця на точність розмірів впливає посадка циліндричного пальця $\text{Ø}26\text{H}10/d8$ і допуск $J_5 14(\pm 0,5)$ міжосьової відстані $L = 125$ мм отворів заготовки.

Із трикутників Okn і Omp (див. рис. 7.2, а) складемо рівняння для визначення ширини стрічки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат
------	------	----------	---------	-----

$$r^2 - (c + e)^2 = (r - \Delta)^2 - e^2,$$

де Δ – зазор між ромбічним пальцем і отвором.

Із наведеного рівняння визначимо e за формулою

$$e = \frac{2r\Delta - \Delta^2 - c^2}{2c}.$$

Підставимо замість $2r$ діаметр $d = 26$ мм і приймаючи $\Delta^2 = 0$ (дуже мала величина), визначимо ширину стрічки $2e$ ромбічного пальця

$$2e = \frac{d \cdot \Delta_1}{2c} - c = \frac{26 \cdot 0,182}{0,918} - 0,459 = 4,7 \text{ мм},$$

де $\Delta_1 = \Delta = 0,182$ мм – діаметральний зазор при посадки заготовки на циліндричний або ромбічний палець;

$2c = T_{125} + T_{125 \text{ пр}} - \Delta = 1 + 0,1 - 0,182 = 0,918$ мм (допуски $T_{125} = 1$ мм, $T_{125 \text{ пр}} = 0,1$ мм розміру $L = 125$ мм відповідно заготовки і пристрою).

Приймається ширина стрічки ромбічного пальця $2e = 5$ мм.

Зміщення заготовки від її середнього розташування в перпендикулярному напрямку до осі циліндричного пальця визначаються мінімальним зазором між отвором і пальцем $\Delta_{min} = 0,0325$ мм, допуском на діаметр отвору $T_1 = 0,084$ мм, допуском на діаметр пальця циліндричного або зрізаного $T_2 = 0,033$ мм і допуском на знос цих пальців $T_3 = 0,01$ мм.

Найбільше зміщення заготовки становить

$$\Delta_{max} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{2} = \frac{0,084 + 0,033 + 0,01}{2} = 0,0635 \text{ мм}.$$

За величинами зміщення знаходиться похибка установа для розмірів, які виконуються на операції (похибка закріплення дорівнює нулю).

Найбільший кут повороту α заготовки (див. рис. 7.2, б) від її середнього розташування визначається за формулою

$$\begin{aligned} \sin \alpha &\approx \frac{\Delta_{max} + \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} + \frac{T_3}{2} + \Delta + \frac{T_1}{2} + \frac{T_4}{2} + \frac{T_5}{2}}{L} = \\ &= \frac{0,0635 + \frac{0,084}{2} + \frac{0,033}{2} + \frac{0,01}{2} + 0,091 + \frac{0,084}{2} + \frac{0,01}{2} + \frac{0,01}{2}}{125} = 0,00216, \end{aligned}$$

						ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат			40

де $L = 125$ мм – відстань між осями базових отворів;

Δ – мінімальний радіальний зазор посадки заготовки на зрізаний палець, який визначається за формулою (на рисунку 7.1 величина $\Delta = X$)

$$X = r - \sqrt{r^2 - T_{125} \cdot e} = 13 - \sqrt{13^2 - 1 \cdot 2,35} \cong 0,091 \text{ мм,}$$

$T_4 = 0,01$ мм – допуск на діаметр стрічки зрізаного пальця;

$T_5 = 0,01$ мм – допуск на знос зрізаного пальця.

Визначаємо $\alpha = \arcsin 0,00216 \approx 0^\circ 8'$. Порівняємо допуск паралельності двох фрезеруємих поверхонь $T_{\text{пар}} = 0,45$ мм із розрахованим кутом $\alpha = 0^\circ 8'$, який приблизно дорівнює $0,002$ мм. За розрахованими даними вимоги креслення для всієї партії оброблених заготовок – витримуються.

Відстань A центру повороту від осі циліндричного пальця визначається за формулою

$$A = \frac{\Delta_{\text{max}} + \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} + \frac{T_3}{2}}{\Delta_{\text{max}} + \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} + \frac{T_3}{2} + \Delta + \frac{T_1}{2} + \frac{T_4}{2} + \frac{T_5}{2}} \cdot L =$$
$$= \frac{0,0635 + \frac{0,084}{2} + \frac{0,033}{2} + \frac{0,01}{2}}{0,0635 + \frac{0,084}{2} + \frac{0,033}{2} + \frac{0,01}{2} + 0,091 + \frac{0,084}{2} + \frac{0,01}{2} + \frac{0,01}{2}} \cdot 125 \cong 59 \text{ мм.}$$

Для побудови сили закріплення заготовки пропонується застосувати мембранний пневматичний привід вбудований в корпус пристрою. Поверхню торця $\text{Ø}80h12/\text{Ø}45H11$ можна використати для закріплення заготовки. При обробки заготовки двома тристоронніми фрезами за зустрічною схемою фрезерування діють складові сили різання, які наведені на рисунку 7.3.

Аналіз сил різання показав, що складові сили P_h двох фрез направлені в напрямку дії сили закріплення P_3 і допомагають закріплювати заготовку. Складові сили P_x направлені назустріч друг до друга і взаємно врівноважуються. Сили P_v мають намір зсунути заготовку із пристрою.

					ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

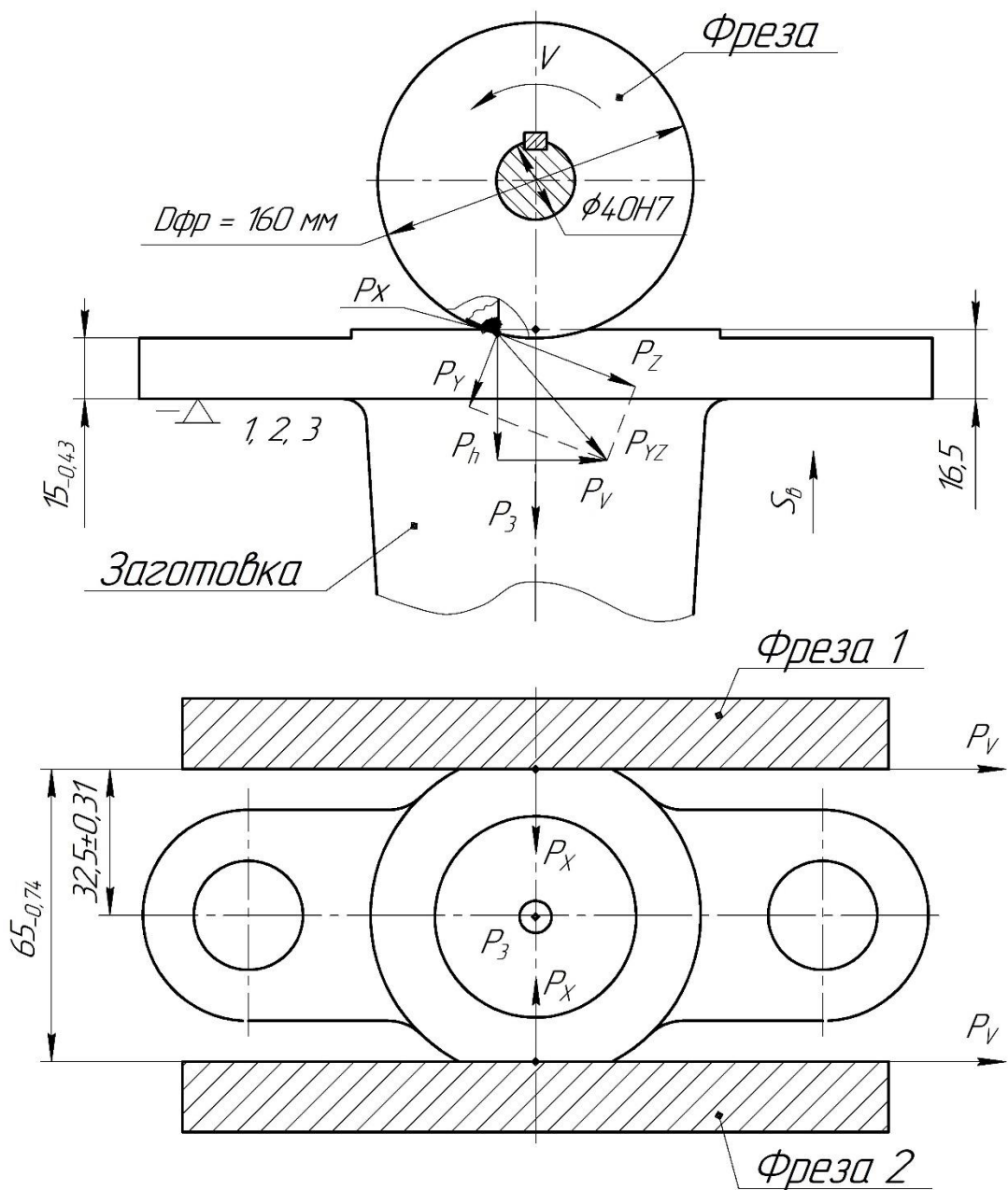


Рисунок 7.4 – Схема для розрахунку сили закріплення заготовки

Таким чином, сила закріплення заготовки розраховується за величиною сили P_v , за формулою, наведеною для затискних механізмів другого типу [7, т. 8, с. 80-84]:

$$P_3 = \frac{KP_v + 0,5 \cdot P_h \cdot (f_1 - f_2)}{f_1 + f_2} = \frac{6,2 \cdot 148 + 0,5 \cdot 711 \cdot (0,16 - 0,16)}{0,16 + 0,16} = 2868 \text{ Н},$$

де K – коефіцієнт запасу [7, с. 84-85]; $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,5 = 6,2$;

$f_1 = f_2 = 0,16$ – коефіцієнти тертя [7, т. 10, с. 85].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат
------	------	----------	---------	-----

Для закріплення заготовки застосовується мембранний пневматичний привід розташований у нижній частині корпусу пристрою. Величина сили закріплення залежить від діаметра D діафрагми, яка розраховується за формулою [8, с. 119]:

$$D = \frac{1}{1,7} \sqrt{\frac{P_3}{\rho_0 \cdot 0,147}} = \frac{1}{1,7} \sqrt{\frac{2868}{0,4 \cdot 0,147}} = 130 \text{ мм},$$

де $\rho_0 = 0,4$ МПа – тиск повітря в мережі пневматичної системи.

Приймається діаметр діафрагми $D_{\text{п}} = 150$ мм, діаметр штока $d = 18$ мм.

Визначається товщина діафрагми S (мм) [8, с. 144]:

$$S = \frac{D_{\text{п}}}{4} \sqrt{\frac{3 \cdot \rho_0}{\sigma_{\text{max}}}} = \frac{150}{4} \sqrt{\frac{3 \cdot 0,4}{40}} \cong 6,5 \text{ мм}.$$

Приймається $S = 7$ мм.

Визначається хід штока L при плоскій діафрагмі [8, с. 144]:

$$L = \frac{3\rho_0 \cdot D_{\text{п}}^4(1 - \mu^2)}{256 \cdot E \cdot S^3} = \frac{3 \cdot 0,4 \cdot 150^4 \cdot (1 - 0,4^2)}{256 \cdot 6 \cdot 10^2 \cdot 7^3} \cong 9,7 \text{ мм},$$

де $\mu = 0,4$ – коефіцієнт Пуассона; $E = 6 \cdot 10^2$ МПа – модуль пружності.

Приймаємо $L = 10$ мм.

7.3 Розрахунок точності елементів пристрою

Точність розміру $65(0; -0,74)$ мм визначається точністю налагоджування на розмір двох фрез и не передбачає будь-яких утруднень для його забезпечення.

Точність розташування осі симетрії на якій розташовані осі двох отворів відносно двох паралельних поверхонь, які оброблюються в розмір $32,5 \pm 0,37$ мм, забезпечується допусками на виготовлення елементів пристрою [9].

Розрахунковим параметром буде паралельність осі симетрії на якій розташовані два отвори відносно бокової поверхні шпонки D , яка розраховується за формулою

										Лист
										43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

$$T_{\text{пр}} \leq T_{\text{д}} - K_{\text{T}} \sqrt{(K_{\text{T}_1} \cdot \varepsilon_{\text{б}})^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + \varepsilon_{\text{уст}}^2 + \varepsilon_{\text{обр}}^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2},$$

де $T_{\text{д}} = 0,45$ мм – допуск паралельності розташування осі симетрії, на якій розташовані осі двох отворів $\text{Ø}26H10$;

$K_{\text{T}} = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує відхилення окремих складових від закону нормального розподілення;

$K_{\text{T}_1} = 1,2$ – коригуючий коефіцієнт;

$\varepsilon_{\text{б}} = 0$ – похибка базування заготовки (ТБ і ВБ суміщені);

$\varepsilon_{\text{з}} = 0$ – похибка закріплення заготовки (сила закріплення не змінює положення заготовки у напрямку витримуємого розміру);

$\varepsilon_{\text{зн}} = 0$ – похибка зносу установчих елементів пристрою (рівномірний знос);

$\varepsilon_{\text{п}} = 0,05$ мм – похибка перекосу інструментів (для горизонтально-фрезерних верстатів при налагодженні двох фрез на оправку);

$\varepsilon_{\text{уст}} = 0,1$ мм – похибка установлення пристрою на столі верстата;

$\varepsilon_{\text{обр}} = K_2 \cdot \omega = 0,6 \cdot 0,15 = 0,09$ мкм; $\omega = 0,15$ мкм (IT12) – середня економічна точність обробки (фрезерування плоских поверхонь) [14]; $K_2 = 0,6$ – коефіцієнт, який враховує імовірність появи похибки обробки [7, с. 22];

$\varepsilon_{\text{поз}} = 0,01$ мм – похибка позиціювання стола верстата [3, 14].

$$T_{\text{пр}} \leq 450 - 1,2 \sqrt{(1,2 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 50^2 + 10^2 + 90^2 + 100^2} = 277 \text{ мкм.}$$

Приймаємо $T_{\text{пр}} = 0,1$ мм і занесемо розраховану величину в перелік технічних вимог креслення пристрою для фрезерування.

7.4 Опис конструкції і роботи пристрою

Пристрій складається із корпусу 2 у якому розташований шток 6 із затискною шайбою 5. Дві втулки 7 передбачені для направлення руху штока. Нижнім кінцем шток з'єднаний з діафрагмою 9, яка під дією стислого повітря вигинається в межах руху штока $L = 10$ мм. Для орієнтації пристрою на столі верстата застосовуються

										Лист
										44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

дві напрямні шпонки 23. Подача стислого повітря в порожнини пневматичної камери відбувається із загальної мережі від розподільного крана 1.

Точність розташування заготовки на налагоджувальний розмір $65 \pm 0,05$ мм двох фрез забезпечується її установленням на циліндричний і ромбічний пальці. Підвалина корпусу пристрою (поверхня Г) і два пази розміром 14 мм є приєднувальними поверхнями при установленні його на столі верстата.

Робота пристрою починається із установки заготовки на дві плоскі поверхні корпусу і два пальці – циліндричний і зрізаний. Далі установлюється затискна шайба і поворотом рукоятки розподільного крана 1 стисле повітря подається у верхню порожнину пневматичної камери. Одночасно повітря із нижньої частини порожнини камери через пневматичний глушник виходить в атмосферу. Діафрагма 9 разом із штоком 6 зміщуються до низу і заготовка закріплюється. Після одночасної обробки двох поверхонь, рукоятка розподільного крана 1 повертається у вихідне положення. Стисле повітря із верхньої порожнини пневматичної камери виходить в атмосферу, одночасно стисле повітря надходить у нижню порожнину і заготовка розкріплюється.

Цикл роботи пристрою простий, не займає багато часу на переустановлення та закріплення заготовок і обслуговується верстатником невисокої кваліфікації.

					ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

ВИСНОВКИ

1. Виконаний аналіз службового призначення трактора Т-150К, вузла карданної передачі та деталі – вилки кардана 150–74.651.810.
2. За коефіцієнтом закріплення операцій розрахований тип виробництва – середньосерійний, вибрана форма організації роботи – групова.
3. Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі, запропонований спосіб одержання заготовки – виливка в кокіль, розроблені технічні вимоги на її виготовлення.
4. Проведений аналіз технологічного процесу обробки вилки кардана. Розрахунково-аналітичним методом розраховані припуски на поверхню діаметром 45Н11, обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовки на операціях 025 «Токарна з ЧПК» та 040 «Горизонтально-фрезерна». Для аналізованих операцій вибрані моделі верстатів 16Б16Т1 і 6Р81Г, верстатні пристрої, різальний і вимірювальний інструменти, розраховані режими різання та технічні норми часу.
5. Спроектований верстатний пристрій для одночасного фрезерування двох поверхонь заготовки на операції 040 «Горизонтально-фрезерна».
6. Розроблені заходи по охороні праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях для працюючих.
7. Розроблена технологічна документація на технологічний процес виготовлення вилки кардана (карти КТП і КЕ).

					ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		46

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» / укладач В. Г. Євтухов. – Суми: Сумський державний університет, 2017. – 44 с.
2. **Банников, С. А.** Трактор Т-150. Учебник для подготовки рабочих на производстве / С. А. Банников, В. А. Родичев. – Москва: Высшая школа, 1977, – 200 с.
3. Справочник металлиста. В 5-и т. Т2. Под ред. А. Г. Рахштадта и В. А. Брострема. – Москва: Машиностроение, 1976. – 720 с.
4. **Маталин, А. А.** Технология машиностроения / А. А. Маталин. – Ленинград: Машиностроение, 1985. – 496 с.
5. **Горбацевич, А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск: Вышэйш. школа, 1983. – 256 с.
6. ГОСТ 26645–85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку, 1989.
7. Справочник технолога машиностроителя: в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1986. – Т. 1. – 656 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1986. – Т. 2. – 496 с.
9. **Корсаков, В. С.** Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов / В. С. Корсаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1983. – 277 с.
10. **Анурьев, В. И.** Справочник конструктора–машиностроителя / В. И. Анурьев. – Кн. 1 и 2. – Москва: Машиностроение, 1974. – 723 с.

					ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

11. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – Ч. 1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, долбежные и фрезерные станки. – Москва: Машиностроение, 1974. – 416 с.

12. Общестроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного времени для технического нормирования станочных работ: Серийное производство. – Москва: Машиностроение, 1974. – 421 с.

13. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 ч. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 55 с.

14. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування : у 2 ч. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

15. ГОСТ 3.1702–79 ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. – Москва: Издательство стандартов, 1982. – 32 с.

					ТМ320190009 – 00 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		